Variables del Modelo BSM en el Mercado Colombiano

Gustavo García *

Resumen

El modelo de valoración de opciones realizado por Black-Scholes-Merton se ha convertido en el más relevante y estudiado a nivel mundial; por este motivo se ha transformado en el referente y el más usado a la hora de realizar una cotización y posterior cierre en el mercado de divisas. Por otro lado, es conocido por los operadores que las variables del modelo son bastante rígidas, ya que son supuestos que solo se darían en un ambiente en el que no existieran los vacíos de precios que se presentan por la iliquidez de las monedas durante ciertos periodos de las 24 horas del día o que se pudieran determinar con anticipación como la volatilidad o las tasas de interés en la evolución de una moneda frente a otra. En este trabajo pretendo mostrar que en mercados como el colombiano se presentan situaciones en las que se evidencia la importancia de no subestimar ninguna variable.

Abstract

The option pricing model performed by Black-Scholes-Merton has become the most important and studied worldwide, which is why it has become the benchmark and the most used when making a quote and subsequent closure of the currency market. On the other hand, is known to the operators that model variables are quite rigid, as they are called that only would occur in an environment in which there were no price gaps presented by the illiquidity of currencies during certain periods 24 hours a day or that may be determined in advance as volatility or interest rates in the evolution of a currency against another. In this paper I intend to show that in markets like Colombia are situations in which evidence of the importance of not underestimating any variable.

Palabras clave

Opciones, mercado colombiano, tasas de interés.

Keywords

Options, Colombian Market, Interest rates, Forwards.

JEL: G10, G13, G14

* Ingeniero Administrador de la Escuela de Ingenieros de Antioquia, Especialista en Matemáticas Aplicadas y actualmente estudiante de la Maestría en Administración Financiera de la Universidad Sergio Arboleda. Vinculado al Grupo Bancolombia.

Este artículo es resultado de la investigación para optar el grado de Maestría en Administración Financiera, Universidad Sergio Arboleda, 2012.

Introducción

A partir de los trabajos realizados por Robert Brown (1773-1858) quien estudió lo que hoy llamamos el "Movimiento Browniano" a través de la observación de partículas de polen sobre algunos líquidos; por Louis Bachelier (1870-1946) quien introdujo una serie de conceptos dentro de las matemáticas financieras que luego influenciarían a reconocidos matemáticos; por Albert Einstein (1879-1955) quien pudo explicar y formular matemáticamente el movimiento Browniano y por otros reconocidos matemáticos y sus aportes como Andrei Kolmogorov, Andrey Markov, Paul Levy, Norbert Wiener, Kiyosi Itô y Paul Samuelson entre otros, Fisher Black y Myron Scholes publicaron en 1973 el artículo "The Pricing of Options and Corporate Liabilities" en el Journal of Political Economy donde encuentran una ecuación cuya solución es el precio de una opción europea (con ejercicio solo al vencimiento). En este mismo año, Robert Merton publica su artículo "Theory of Rational Option Pricing" en el Bell Journal of Economics and Management Science donde llega a una solución similar a la encontrada por Black y Scholes en la valuación de opciones e incluso le da varias extensiones.

Estos estudios se realizaron inicialmente sobre el comportamiento de las acciones pero luego facilitaron la comprensión de otras clases de derivados y se extendieron a otros activos como las divisas, subyacente en el cual, se basa este trabajo.

Con el rápido crecimiento de los mercados e instrumentos financieros alrededor del mundo, se han visto gran cantidad de posibilidades, desarrollos matemáticos e inferencias estadísticas que han tratado de explicar el comportamiento de las diferentes divisas.

Por esta razón, para encontrar un precio "justo" entre las dos contrapartes que hoy negocian opciones en divisas, no importa si modelos internos o los creados por personalidades como Merton, Cox y Ross, Hull y White, Wiggins, Shultz, entre otros, que modelan saltos, comportamientos auto regresivos, volatilidad estocástica y/o combinaciones de lo anterior hasta los más complejos, que son planteamientos alternativos que regularmente son llamados de valoración implícita, a la hora de cerrar el negocio, se encuentran en un precio Black-Scholes-Merton (BSM).

En este trabajo, se empezará por definir el modelo BSM y explicar algunos de sus principales supuestos, se mostrará la relevancia que tiene la tasa de interés local y la diferencia entre las volatilidades real e implícita en el spot del peso colombiano frente al dólar, luego analizaremos los resultados y finalmente las conclusiones.

El Modelo Black – Scholes – Merton.

Black y Scholes propusieron a principios de los 70 una fórmula práctica para valuar opciones europeas sobre una acción que no paga dividendos, que obtuvo gran acogida entre los operadores del mercado. El primer supuesto que hicieron es que el precio del activo subyacente sigue un proceso estocástico denominado Movimiento Browniano Geométrico (MBG).

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz, \qquad dz \sim N(0, dt)$$

Esta ecuación indica que el cambio en el precio de una acción es igual a su retorno de largo plazo por el cambio del tiempo más una volatilidad que se distribuye de manera normal.

μ: Retorno de largo plazo

σ: Volatilidad

Luego que Merton publicara su artículo y con este fuera complementada la ecuación anterior, el alcance que tuvo este estudio fue mayor al poder valuar opciones para acciones con pagos continuos de dividendos, con tasas de interés estocásticas y otras extensiones.

A partir de este momento se empezaron a realizar una serie de variaciones que permitieron valuar también divisas; dentro de las más conocidas están la llamada Black 76 (que fue creada para bonos y usada luego para divisas) y Merton para FX (que es una variación de la ecuación original de Merton para divisas) para citar solo dos de las muchas posibilidades existentes hoy en día.

Una solución a la ecuación diferencial BSM para el caso de una CALL europea sobre monedas es:

CALL = $e^{-rd*t}[F*N(d_+)-K*N(d_-)]$

Donde:

$$d_{\pm}=\frac{\ln\left(\frac{F}{K}\right)\pm\left(\frac{\sigma^2}{2}\right)*t}{\sigma*\sqrt{t}}$$

$$F=S*e^{(rd-rf)*t}$$

Y para la PUT Europea es

PUT = $e^{-rd*t}[K*N(-d_-)-F*N(-d_+)]$

$$F=S*e^{(rd-rf)*t}$$

K : Precio de ejercicio
t : Plazo al vencimiento
S : Tasa spot
σ : Volatilidad
rd: Tasa de interés domestica
rf: Tasa de interés foránea
F: Tasa forward
e^x : Función exponencial
N(x): Distribución normal acumulada

El que sea una opción europea significa que el pago y el ejercicio de la opción solo podrán ser el día de su vencimiento.

En este modelo se usan los siguientes supuestos, los cuales, son una variación a los supuestos originales del modelo BSM para ser usados en divisas:

i. La volatilidad del activo subyacente (σ) es conocida y no cambia a lo largo de la vida de la opción.
ii. EL activo subyacente sigue un MBG. De esta forma su precio cambia suavemente y sin saltos. Esto implica que el retorno del activo subyacente se distribuye log-normal.
iii. La tasa de interés es conocida y constante.
iv. Cualquiera puede prestar o pedir prestado indefinidamente a la tasa de interés libre de riesgo r.
v. Si el activo subyacente se vende en corto o se vende una opción, el vendedor puede invertir este dinero para ganar la tasa libre de riesgo.
vi. No hay costos de transacción para el activo subyacente ni la opción.
vii. No hay impuestos ni para las divisas ni la opción.
viii. El activo subyacente no tiene accidentes financieros al ser una divisa (no paga dividendos o cupones).
ix. La opción sólo puede ejercerse el día del vencimiento.
x. No existen eventos que puedan interrumpir la vida de la opción.

Estos supuestos tienen gran cantidad de incongruencias con la realidad, pero aun así cumple con una labor bastante importante que es la de estandarizar y homogenizar las condiciones en las que, tanto demandante como oferente, se encuentran.

Este es el modelo más usado por plataformas de negociación de diferentes entidades bancarias y por broker dealers reconocidos internacionalmente como ICAP, BGC Partners, Tullet Prebon, Tradition y GFI entre otros.

Para poder gestionar las opciones es necesario conocer los riesgos inherentes a ellas, los cuales están dados por las diferentes variables con las que encontramos el valor de las mismas. Comúnmente, estos riesgos son llamados "las griegas" debido a que cada uno de ellos viene nombrado por una letra del alfabeto griego y matemáticamente viene expresado en funciones diferenciales del valor del portafolio con respecto a una de las variables.

A continuación definiremos los más relevantes:

Vega o Kappa: es el cambio del valor del portafolio por cada cambio en una unidad de la volatilidad.

Delta: es el cambio en el valor del portafolio por cada cambio en una unidad en el spot.

Gamma: es el cambio en el valor del delta por cada cambio en una unidad del spot.

Theta: es el cambio en el valor del portafolio por cada cambio en una unidad de tiempo.

Rho: es el cambio en el valor del portafolio por cada cambio en una unidad en las tasas de interés, por lo que hay Rho local y foránea

¿Cómo se encuentra el valor "justo" para las opciones PESO-DÓLAR en Colombia?

BSM es el modelo usado en Colombia como referencia a la hora de cerrar un negocio en opciones peso-dólar ya que es el utilizado por ICAP quien es el único broker dealer que opera opciones en el país; además, aunque no se encuentra explícito en la ley, una variación del mismo es el usado para va-lorar los portafolios y calcular la posición propia, de contado y bruta de apalancamiento de los intermediarios del mercado cambiario por parte de la Superintendencia Financiera y el Banco de la República.

La información obtenida para las variables usadas dentro del modelo fue tomada del sistema de información Bloomberg con el que se creó una base de datos que tuvo como primer registro el día 02/12/2002 y a partir de ahí la información diaria (días hábiles colombianos) para un total de 2331 observaciones por variable.

Este punto de partida para los datos fue escogido así (a pesar de que existían registros previos) por que la calidad de la información no se consideró tan relevante, ya que en esta época (transacciones anteriores al 2003) no habían negocios con el monto ni la regularidad esperada, debido a la poca profundidad y desarrollo del mercado colombiano medido a través del Bid-Offer spread de la época y de la regularidad de cierres presentados en el mercado registrados en el Banco de la República. En este tiempo tampoco existían plataformas transaccionales que operaran opciones USDCOP como hoy lo hace por ejemplo el Volbroker de ICAP.

Como vimos en la descripción del modelo, las variables consultadas fueron:

Spot: Como nivel de referencia para el spot se tomó la tasa representativa del mercado colombiano (TRM) publicada por la Superintendencia Financiera de Colombia. Esta es la tasa oficial en Colombia para la valoración de los activos en dólares y es construida con el promedio ponderado de cada una de las transacciones realizadas dentro del día hábil inmediatamente anterior.

Plazo al vencimiento: Para hacer este estudio se utilizó el nodo del mes para todos los datos. Este plazo fue tomado como referencia al ser el más líquido de todos y uno de los que más absorbe el precio de cotización de las variaciones en la volatilidad. Para el modelo debió ser usado el mes en términos anuales (Banco de la República, 2012).

Volatilidad: Se usaron dos volatilidades para el mismo modelo con el fin de poder comparar los resultados. La primera fue la volatilidad implícita que es la que cotizan los agentes del mercado y con la que pretenden anticiparse a la volatilidad del próximo mes. Fue usado el Mid Price de Bloomberg para el día respectivo y puede ser encontrada a través de la función OVDV. La segunda fue la volatilidad realizada que es la que efectivamente se da en el activo durante el mes de vida de la opción. Esta fue consultada en Bloomberg en la función VOLC, en las que se utilizan las diferencias logarítmicas de los retornos de la TRM y es de las más ampliamente difundidas en el mercado por la facilidad de su cálculo. Ambas, aunque son al mes, se encuentran anualizadas, teniendo en cuenta los días hábiles colombianos.

Tasa strike o precio de ejercicio: Es la tasa a la cual el poseedor de la opción adquiere el derecho de comprar o vender los dólares. Para el modelo utilizamos el nivel ATM (ATM: At the Money, que representa el nivel al cual el delta de la opción es aproximadamente igual al 50% y que se encuentra muy cercano al forward, por lo que este se usa como refe-rencia) Este fue consultado en Bloomberg en la función FRD.

Tasa Forward: Es la tasa a la cual se pacta una compra o una venta de divisas a plazo, partiendo del spot y de las diferencias entre las tasas de interés doméstica y foránea. En mercados desarrollados la tasa forward se da muy cercana al precio de equilibrio entre la captación y colocación del par de monedas ya que de no ser así se encontrarían posibilidades de arbitraje que rápidamente serían aprovechadas por los agentes (Venegas, 2008; Capitulo 11), pero en Colombia no es así, debido básicamente a restricciones cambiarias como las que se le han puesto a la posición bruta de apalancamiento, la posición propia y la posición propia de contado las cuales controlan la cantidad mínima y máxima de negocios en dólares por parte de una entidad, lo que ayuda a controlar los capitales especulativos que ingresan y salen del país. Estas se encuentran definidas en las Resoluciones Externas Nos. 1 y 7 de 2009, 3, 7 y 13 de 2008, 12 y 4 de 2007 de la Junta Directiva del Banco de la República y Circulares Reglamentarias DODM-139 y DODM 285 de 2008 del Banco de la República

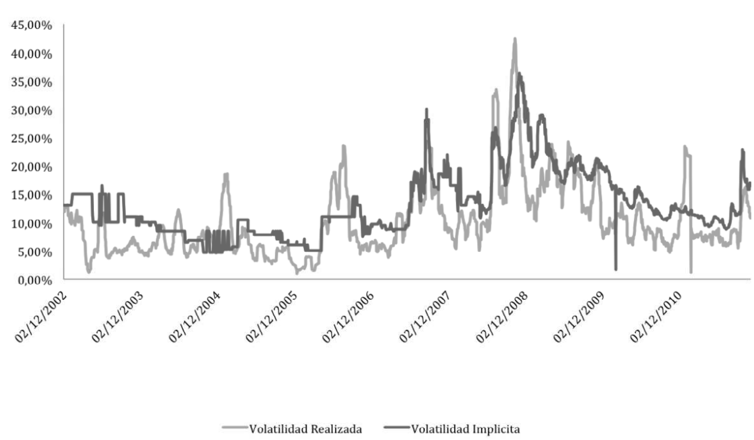
Tasa de interés foránea: Es la tasa a la cual los agentes del mercado pueden captar y colocar dólares en el mes. Para el modelo se usó la tasa libor al mes. "La LIBOR (London InterBank Offered Rate) es una tasa de referencia basada en las tasas de interés a la que los bancos ofrecen fondos en el mercado interbancario y es fijado por la Asociación de Banqueros Británicos (BBA por sus siglas en inglés) representados por aproximadamente 200 miembros con un enfoque internacional" (British Bankers' Association 2012). Esta tasa es un supuesto para el modelo ya que muchos agentes en Colombia no tienen acceso a ella directamente por conceptos de líneas de crédito con agentes internacionales y a que en el país no existe la posibilidad de fondearse en dólares directamente del público (www.banrep.gov.co).

Tasa de interés doméstica: Es la tasa a la cual los agentes del mercado pueden captar y colocar pesos en el mes. Para el modelo se utilizó como tasa en pesos la resultante de descontar los puntos forwards al mes a la tasa libor del mismo plazo. Los puntos forwards también son conocidos internacionalmente como puntos swap y se obtienen de la diferencia entre el nivel forward y el spot.

Tipo: Las opciones pueden ser Call o Put, las cuales dan el derecho a comprar o vender respectivamente, dólares en el futuro pero no la obligación. En el modelo se usaron opciones Call ya que en teoría, el valor Call y Put en el ATM debe ser igual por la paridad Call-Put. Para modelar esta fue transformada en una variable dummy y se utilizo un valor igual a uno para la Call y cero para la Put.

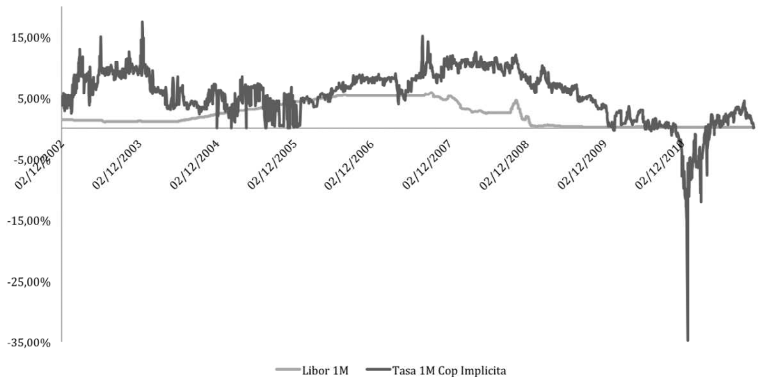
Operación: Las opciones pueden ser de compra o de venta, pero para calcular su valor en el ATM resulta ser indiferente por lo que se usaron opciones de compra. Para modelar esta fue transformada en una variable dummy y se utilizó un valor igual a uno para la compra y cero para la venta. A continuación podemos ver el comportamiento gráfico de las variables y como se comportan unas frente a las otras:

FIGURA 1



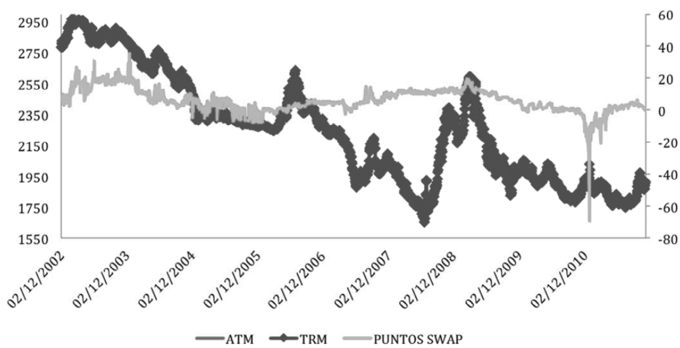
Fuente: Cálculos propios realizados con datos de Bloomberg y el Banco de la Republica, 2012.

FIGURA 2



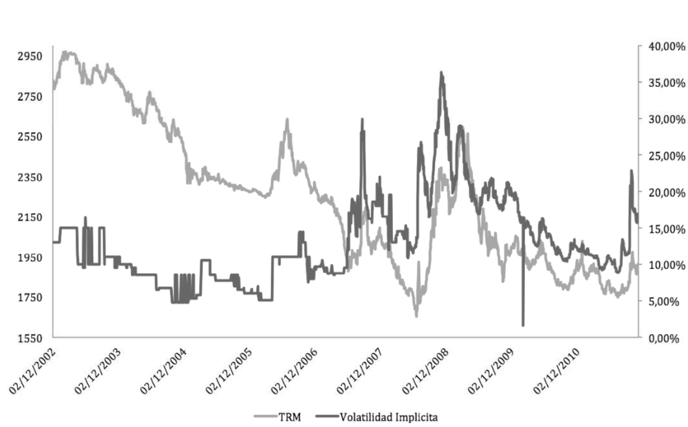
Fuente: Cálculos propios realizados con datos de Bloomberg y el Banco de la Republica, 2012.

FIGURA 3



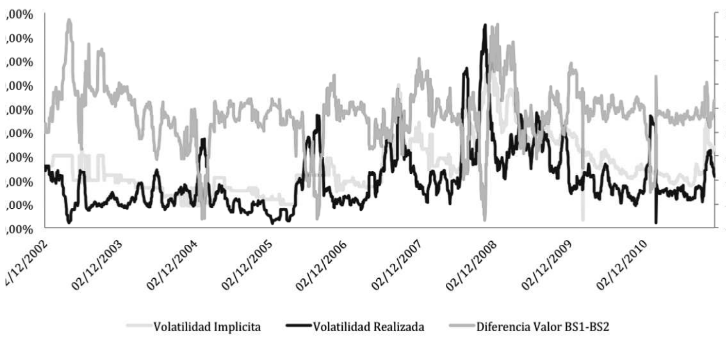
Fuente: Cálculos propios realizados con datos de Bloomberg y el Banco de la Republica, 2012.

FIGURA 4



Fuente: Cálculos propios realizados con datos de Bloomberg y el Banco de la Republica, 2012.

FIGURA 5



Fuente: Cálculos propios realizados con datos de Bloomberg y el Banco de la Republica, 2012.

La fórmula que se usó dentro del modelo fue para la Call:

CALL= $S \cdot N(d_1) - K \cdot e^{-r \cdot t} \cdot N(d_2)$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot t}{\sigma \cdot \sqrt{t}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{t}$$

K : Precio de ejercicio
t : Plazo al vencimiento
S :Tasa spot
σ :Volatilidad
r:Tasa de interés libre de riesgo
N(x): Dist normal acumulada

Y para la Put:

PUT= $K \cdot e^{-r \cdot t} \cdot N(-d_2) - S \cdot N(-d_1)$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot t}{\sigma \cdot \sqrt{t}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{t}$$

K : Precio de ejercicio
t : Plazo al vencimiento
S :Tasa spot
σ :Volatilidad
r:Tasa de interés libre de riesgo
N(x): Dist normal acumulada

El modelo fue resuelto en Excel, para lo que se uso el siguiente código en Visual Basic:

```
Function VALOR_BS1(Spot, strike, Tasa_Local, Tasa_Ex-
terior, volatilidad, tiempo, tipo, operación)

            d1 = (Log(Spot / strike) + (Tasa_Local
- Tasa_Exterior + ((volatilidad) ^ 2 / 2)) * tiempo) /
(volatilidad * tiempo ^ (1 / 2))
      d2 = d1 - volatilidad * tiempo ^ (1 / 2)

      primero = Log(Spot / strike)
      segundo = (Tasa_Local - Tasa_Exterior + ((vola-
                  tilidad ^ 2) / 2)) * tiempo
      tercero = volatilidad * (tiempo ^ (1 / 2))
       If tipo = 1 Then
        nd1 = Application.WorksheetFunction.
              NormSDist(d1)
        nd2 = Application.WorksheetFunction.
              NormSDist(d2)
        VALOR_BS1 = Spot * Exp(-Tasa_Exterior *
       tiempo) * nd1 - strike * Exp(-Tasa_Local *
       tiempo) * nd2
      If operación = 0 Then VALOR_BS1 = -VALOR_BS1
      End If
      If tipo = 0 Then
        nd1 = Application.WorksheetFunction.
              NormSDist(-d1)
        nd2 = Application.WorksheetFunction.
              NormSDist(-d2)
        VALOR_BS1 = -Spot * Exp (-Tasa_Exterior *
        tiempo) * nd1 + strike * Exp(-Tasa_Local *
```

```
tiempo) * nd2
If operación=0 Then VALOR_BS1 = -VALOR_BS1
End If
End Function
```

La fórmula del modelo BSM es una ecuación determinística cerrada para la cual se realizará por simplicidad una aproximación lineal multivariada para la mejor interpretación de los resultados.

Como extensión a este trabajo se podrían realizar, entre otros análisis, así:

- Vectores auto regresivos (VAR) para encontrar la multi-causalidad de las variables.
- Medir los betas a través de logaritmos y así conocer la elasticidad de las variables.
- Encontrar las variables más relevantes a través de Componentes Principales.

Después de obtener los datos, estos fueron expuestos a una regresión a través del software MINITAB lo que entregó los siguientes resultados para ambos procesos:

Análisis de regresión: Valor Black Scholes 1 vs. TRM. ATM. ...

* Tiempo es (esencialmente) constante
* Tiempo se ha eliminado de la ecuación.

* NOTA * Todos los valores de la columna son idénticos.
* NOTA * Todos los valores de la columna son idénticos.

* Tipo es (esencialmente) constante
* Tipo se ha eliminado de la ecuación.

* NOTA * Todos los valores de la columna son idénticos.

* Operación es (esencialmente) constante
* Operación se ha eliminado de la ecuación.

La ecuación de regresión es

Valor Black Scholes 1 = -30,1 - 0,627 TRM + 0,640 ATM
- 121 Tasa 1M Cop Implicita + 134 Libor 1M
+ 265 Volatilidad Implicita

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	-30,1188	0,3806	-79,14	0,000
TRM	-0,62688	0,03630	-17,27	0,000
ATM	0,63963	0,03615	17,69	0,000
Tasa 1M Cop Implicita	-120,522	6,370	-18,92	0,000
Libor 1M	133,644	7,529	17,75	0,000
Volatilidad Implicita	264,922	0,606	437,27	0,000

S=1,40199 R-cuad.=99,1% R-cuad.(ajustado)=99,1%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	5	529064	105813	53832,83	0,000
Error residual	2325	4570	2		
Total	2330	533634			

Fuente	GL	SC Sec.
TRM	1	8737
ATM	1	135665
Tasa 1M Cop Implicita	1	5938
Libor 1M	1	2891
Volatilidad Implicita	1	375834

Análisis de regresión: Valor Black Scholes 2 vs. TRM. ATM.

* Tiempo es (esencialmente) constante
* Tiempo se ha eliminado de la ecuación.

* NOTA * Todos los valores de la columna son idénticos.
* NOTA * Todos los valores de la columna son idénticos.

* Tipo es (esencialmente) constante
* Tipo se ha eliminado de la ecuación.

* NOTA * Todos los valores de la columna son idénticos.

* Operación es (esencialmente) constante
* Operación se ha eliminado de la ecuación.

La ecuación de regresión es

Valor Black Scholes 2= -23,8+0,0134 TRM-0,0028 ATM -7,15 Tasa 1M Cop Implicita+10,3 Libor 1M + 256 Volatilidad Realizada

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	-23,8435	0,4764	-50,05	0,000
TRM	0,01344	0,04920	0,27	0,785
ATM	-0,00281	0,04901	-0,06	0,954
Tasa 1M Cop Implicita	-7,147	8,649	-0,83	0,409
Libor 1M	10,25	10,18	1,01	0,314
Volatilidad Realizada	255,750	0,666	383,97	0,000

S=1,87772 R-cuad.=98,6% R-cuad.(ajustado)=98,6%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	5	574686	114937	32598,78	0,000
Error residual	2325	8198	4		
Total	2330	582884			

En el primer resultado, Valor Black Scholes1 en donde estamos utilizando la volatilidad implícita como input, podemos ver que el R^2 es 99,1% lo que muestra un nivel de significancia para el modelo bastante alto al igual que en el segundo resultado donde el R^2 es 98,6% y estamos utilizando la volatilidad realizada.

En el análisis de varianza para ambos resultados P = 0 por lo que la hipótesis nula (que los betas sean iguales entre sí e iguales a cero) es rechazada.

Pero lo relevante de los resultados es descubrir que para el modelo que usa la volatilidad implícita en los "predictores," los valores P son menores al 5% inclusive iguales a 0, lo que nos muestra la importancia de todas las variables y que para el modelo que usa la volatilidad realizada solo dicha volatilidad y la constante de regresión están por debajo del nivel de significancia.

Fuente	GL	SC Sec.
TRM	1	36
ATM	1	34688
Tasa 1M Cop Implicita	1	2505
Libor 1M	1	17631
Volatilidad Realizada	1	519826

Conclusión

La importancia del modelo BSM para el desarrollo del mercado de opciones es innegable y este tipo de estudios lo evidencian al demostrar el efecto que posee dentro de sus variables y la significancia en la que se comporta, pero también nos expone resultados que podrían entenderse como contra-intuitivos.

Era de esperar que el modelo demostrara que cuando conocemos la volatilidad realizada, esta se convierte en la variable más preponderante, inclusive en el hecho que la constante haya mostrado significancia; esta la podríamos descartar ya que no tiene sentido que cuando las variables del modelo sean igual a cero, BSM tenga algún valor.

Lo que no se podía suponer tan fácilmente es que las demás variables no tuvieran ninguna significancia, al igual que cuando al correr el modelo con la volatilidad implícita ninguna variable pierda significancia frente a las demás.

¿Por qué era difícil suponer que las variables eran relevantes en el modelo?

Para el spot se podía suponer su importancia ya que a partir de este nivel se realizan todos los cálculos, para la volatilidad no es necesario ahondar mucho ya que es el activo que se está negociando, con estos dos mercados podemos interpretar y gestionar el delta, vega, gamma e incluso theta pero el rho solo se puede gestionar a través de los mercados de tasas de interés. En gran parte de la literatura acerca de opciones en monedas se subestima el efecto de las tasas de interés y por ende de la relevancia de rho; por ejemplo Natenberg (1994; pág 116) menciona que "es la menos importante de las griegas" e incluso dice "pocos traders le ponen mucha atención al Rho;" Taleb (1996; pág 171) la define como "una griega menor" y como "el más incomprendido riesgo de las opciones", mientras que Hull (1987; capítulo 15) se limita a definir esta griega sin hablar del cómo gestionarla y de su relación con las demás como si lo hace con las otras griegas. Como podemos observar es bien importante que quien esté gestionando un portafolio de opciones peso-dólar en Colombia domine, al menos, los mercados de spot, forwards y volatilidades.

Este trabajo se podría extender a los demás nodos de la curva ATM, a los 25% delta risk reversals, a los 10% delta risk reversals, a los 25% delta Butterfly y a los 10% delta Butterfly que son los estándares para construir una superficie de volatilidades que para el mercado colombiano llega fácilmente al año y medio. Adicionalmente, se podrían verificar estas hipótesis en otros mercados ilíquidos y observar el comportamiento en mercados desarrollados que tienen plazos hasta de 10 y 15 años; adicionalmente se podría medir el efecto de alterar las tasas de interés vía reglamentación cambiaria aumentando el mínimo de la posición propia, de contado y/o bruta de apalancamiento con el fin de controlar la revaluación del peso frente al dólar.

Referencias Bibliográficas

Arregui G. 2004. "The implicit models of the option valuation." Revista Cuadernos de Gestión.

Baxter M. & E. Rennie. 1992. Financial Calculus. Cambridge University Press.

Black F. & M. Scholes. 1973. "The Pricing of Options and Corporate Liabilities". The Journal of Political Economy, Vol. 81.

Black, F. 1976. "The pricing of commodity contracts." Journal of Financial Economics, 3.

Banco de la República: Circulares Reglamentarias DODM-139 y DODM 285 de 2008.

Banco de la República (Junta Directiva): Resoluciones Externas Nos. 1 y 7 de 2009, 3, 7 y 13 de 2008, 12 y 4 de 2007.

Banco de la República (2012). Series estadísticas. Tasas de interés. Indicador bancario de referencia (IBR); consultado en: http://www.banrep.gov.co/series-estadisticas/see_tas_inter_ibr.htm

Bloomberg: Códigos OVDV, OVML, HDV, TRM INDEX, USDCOP CURRENCY, USDCOPV1M y otros (2012)

British Bankers' Association. consultado en: http://www.bba.org.uk/about-us

Garman, M. B. and Steven W. Kohlhagen (1983). "Foreign currency option values." Journal of International Money and Finance, 2.

Hull J. C. & A. White. 1987. "The Pricing of Options on Assets with Stochastic Volatilities." Journal of Finance, Vol 42, Issue 2.

Hull J. C. 1997. Options, Futures & Other Derivatives. Prentice Hall.

London Financial Studies. 2011. Advance option trading and risk management with simple options.

Merton R. C. 1976. "Theory of Rational Option Pricing." Bell Journal of Financial Economics, Vol. 4.

Natenberg S. 1994. Trading Volatility with Options. McGraw Hill

Singh J.P. and S. Prabakaran. 2006. "A Toy Model of Financial Markets." Electronic Journal of Theoretical Physics. 3, No. 11.

Taleb, N. 1996. Dynamic Hedging. John Wiley & Sons.

Vasicek, Oldrich. 1977. "An Equilibrium Characterisation of the Term Structure". Journal of Financial Economics 5 (2).

Venegas, F. 2008. Riesgos Financieros y Económicos. Cengage Learning Editores.

Wilmott, P. 2000. Quantitative Finance. John Wiley, Chichester.